

子どもと共に学ぶ Pepper ~ 教育志向アプリケーションの開発 ~

田中文英^{*1}, 一色恭輔^{*2}, 高橋史樹^{*3}, 植草学^{*3}, 清るみこ^{*4}, 林要^{*4}

Pepper Learns Together with Children: Development of an Educational Application

Fumihide Tanaka^{*1} and Kyosuke Isshiki^{*2} and Fumiki Takahashi^{*3}
and Manabu Uekusa^{*3} and Rumiko Sei^{*4} and Kaname Hayashi^{*4}

^{*1} Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, Japan

^{*2} Tryon Co., Ltd.

1-12-32-30F Akasaka, Minato-ku, Tokyo, Japan

^{*3} M-SOLUTIONS, Inc.

6-27-30-17F Shinjyuku, Shinjyuku-ku, Tokyo, Japan

^{*4} SoftBank Robotics Corp.

1-9-1 Higashishinbashi, Minato-ku, Tokyo, Japan

An educational use of Pepper, a personal robot that is developed by SoftBank Robotics Corp., is described. Applying the two concepts of care-receiving robot (CRR) and total physical response (TPR) into the design of an educational application using Pepper, we offer a scenario in which children learn together with Pepper at their home environments from a human teacher who gives a lesson from a remote classroom. In this paper, we explain the developmental process of the application that contains three educational programs that children can select in interacting with Pepper. We also report feedbacks that were obtained from adult participants who had played with this application at a public demonstration.

Key Words : Educational robots, Pepper, Children, Care-receiving robot, Total physical response

1. はじめに

人型ロボットの応用場面の一つとして教育環境が挙げられる⁽¹⁾. ロボットと教育の関わりについては、これまで大別して二つの方向性:(1)教材としてのロボット,(2)教育エージェントとしてのロボット,が存在し,共に近年ホットなトピックとなっている. 本論文の内容は,この内で(2)教育エージェントとしてのロボットに関わるものである. ここで教育エージェントとは,例えば生徒に対して何かしらの教示活動を行う目的で設計された教師型ロボットや,生徒と一緒に学んで,生徒の学びを支援する目的で設計されたロボットなどが該当する. こうした教育志向のアプリケーションにおいては,大学や研究所での基礎研究のみならず,実際に教育に携わる機関や企業の元で具体的なアプリケーションを開発し,その事例報告をしていくことも

普及に向けて非常に重要であると思われる.

本論文では,ソフトバンクモバイル株式会社が発表した人型ロボット Pepper⁽²⁾を用いて開発された,教育志向アプリケーションの具体事例について報告する. 実際の開発は,オンラインの教育コンテンツ事業や英会話教室運営事業を行うトライオン株式会社⁽³⁾,および M-SOLUTIONS 株式会社⁽⁴⁾が担当し,筑波大学の田中文英が監修を行った. ここでは,子どもたちが Pepper と「共に学ぶ」をコンセプトとしたアプリケーション企画開発がなされており,上述のように子どもと一緒に学んで学ぶタイプの教育エージェントが設計・実装された. 今回開発されたアプリケーションの対象年齢はおおよそ就学以前の幼児(4~5歳付近)とし,一般家庭における英語学習用途を想定した. この用途の元で「共に学ぶ」コンセプトを具現化するため,教育エージェント設計においてその有効性が示されている Care-Receiving Robot (CRR) の設計論⁽⁵⁾⁽⁶⁾と,語学教育の現場で広く採用され,かつ今回のアプリケーションと非常に相性が良いと思われる Total Physical Response (TPR) の理論⁽⁷⁾を取り入れた開発が行われた.

^{*1} 筑波大学 システム情報系 知能機能工学域 (〒 305-8573 茨城県 つくば市 天王台 1-1-1) fumihide.tanaka@gmail.com

^{*2} トライオン株式会社 (〒 107-6030 東京都 港区 赤坂 1-12-32-30F)

^{*3} M-SOLUTIONS 株式会社 (〒 160-0022 東京都 新宿区 新宿 6-27-30-17F)

^{*4} ソフトバンクロボティクス株式会社 (〒 105-7309 東京都 港区 東新橋 1-9-1)



Fig. 1 A personal robot, Pepper.

2014年9月20日、東京（ベルサール渋谷ガーデン）で開催された Pepper Tech Festival 2014 にて、我々は開発したアプリケーションの一般展示を行った。本論文では、アプリケーションの詳細について順を追って説明した後、開発中に行われたフィールドテストとこの一般展示において得られた知見・フィードバックについて報告する。

2. パーソナルロボット「Pepper」

2014年6月5日、ソフトバンクモバイル株式会社および Aldebaran Robotics SAS により、人型パーソナルロボット「Pepper⁽²⁾」が発表された。Pepper は自律行動技術、音声認識技術、滑らかな動作生成技術、感情認識機能などを有し、人との様々なコミュニケーションを想定した開発がなされている。特筆すべき点の一つに世の中のクリエイターやデベロッパーを積極的に巻き込んでいこうとする開発姿勢⁽⁸⁾があり、世界中の開発者が作ったアプリケーション・コンテンツや知能技術コンポーネントなどをクラウド上に集結させ、それらと繋がったプラットフォームをユーザに提供することを目指している。

以下、発表当時のプレスリリースにて公開されている Pepper の主な仕様⁽⁹⁾について説明する。Pepper は、インターネットを通じて情報取得やクラウド上のデータベースと連携し、新たなソフトウェアや「ロボアプリ」と呼ばれる様々なアプリケーションをインストールすることで機能拡張していくことを想定した設計がなされている。簡単な操作による動作作成から、一般的な開発言語を使った高度なカスタマイズまで幅広い対応が可能なソフトウェア開発キット（SDK）が提供されている。図1および表1に Pepper の外観と基本仕様（発表当時の予定情報⁽⁹⁾）について記す。

Table 1 Specifications.⁽⁹⁾

| | |
|------------------|--|
| Size (H x D x W) | 1210 x 425 x 485 [mm] |
| Weight | 28kg |
| Battery | Li-ion 30.0Ah / 795Wh |
| Sensors (head) | Mic ×4, RGB camera ×2, 3D sensor ×1, touch sensor ×3 |
| Sensors (trunk) | Gyroscope sensor ×1 |
| Sensors (hand) | Touch sensor ×2 |
| Sensors (leg) | Ultrasonic sensor ×2, laser sensor ×6, bumper sensor ×3, gyroscope sensor ×1 |
| DOF | 20 |
| Display | 10.1 inches touchable display |
| OS | NAOqi OS |
| Network | Wireless / wired interfaces |
| Velocity | Max. 3km / h |

我々は、トライオン株式会社が有する子ども向けの英語教育コンテンツとレッスンノウハウを活かし、Pepper 上に、主として家庭内での利用を想定した教育志向アプリケーションを実装した。次章では、この際に我々が参考にした設計論や理論について説明する。

3. CRR と TPR

3.1 Care-Receiving Robot (CRR) 1章にて記したように、教育エージェントとしてのロボットは近年盛んに研究が行われており、欧米やアジア諸国において様々な試みが始まっている^{(10)~(13)}。Kandaらによって行われた Robovie の小学校におけるフィールド実験⁽¹⁰⁾や、NEC 社によって発表されたチャイルドケアロボット PaPeRo などは、子どもを教えたり世話をしたりするロボット応用の先駆的な事例である。その後韓国では、ベンチャー企業も交えて教師型ロボットの開発導入が精力的に進められている。そして近年、欧州では FP7 Emote Project や ALIZ-E Project、米国では NSF Socially Assistive Robotics Project など、幼児教育や療育を目的とされたロボット応用の大型プロジェクトが立て続けに始まっている。

2009年、Tanakaらによって、こうした教師型ロボットとは異なるコンセプトの教育支援ロボットが発表された⁽⁵⁾。Tanakaらはこれに先駆けて2004年頃から行っていた幼児-ロボット間インタラクションの長期フィールド観察研究⁽¹⁴⁾の結果から、ある種のロボットが子どもの自然な世話欲を強く誘引し、この種のインタラクションは飽きられにくく長期的に継続するという性質を発見していた。そして、従来型の教師型ロボッ

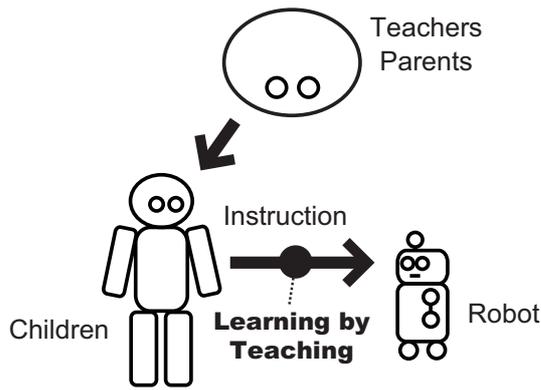


Fig. 2 The concept of care-receiving robot (CRR).⁽⁵⁾⁽⁶⁾

トとは真逆の発想で、子どもに「教えさせる（もしくは世話をさせる）」ロボットの開発を始めた。その後実際に英会話教室にて行われた一連のフィールド実験によって、こうしたロボットが子どもたちの「教えることによる学習（learning by teaching）」を有意に促進することが判明している⁽⁶⁾。例えば、幼児が英語動詞を学ぶレッスン中において、brush（歯磨き）という行動ができないロボット（別の動作をしてしまう）を導入すると、子どもたちは積極的にそのロボットに対してbrush動作を教示（ロボットの手をとって教える等）し始める。すると、結果的に教室の子ども達は英語のレッスンに集中し、授業が終わるとbrushという単語を理解し良く覚えている。こうしたロボットは、人間からの広義にケア行動を誘引するよう設計されたものとして、ケア・レシーバー型ロボット（care-receiving robot: CRR）と名付けられた。このロボットの応用範囲は広く、単純な英単語学習のみならず、様々な教育の場面で有用なことが知られている。

3.2 Total Physical Response (TPR) Total physical response (TPR) は、Asher によって 1960 年代に提案された言語教育手法⁽⁷⁾であり、現在も英会話教育の場面など世界中の教室で用いられている。最大の特徴は、言語を身体の動きと連動させながら学ぶ所にあり、例えば教師の「Fly like an airplane!」という指示に対して学習者に身体動作（両腕を横に開いて飛行機の真似をするなど）で反応させるといったことを行う。聞き、即座に反応させることによって、その言葉の意味や言語的構造を素早く認識させようとするのがその核にある。第二言語の学習においては幼児のみならず大人においても有用とされ、長期的な記憶保持性も高いと言われている。教育現場において、ストレスが少なく皆が楽しく学べることも大きな長所であると言われている。

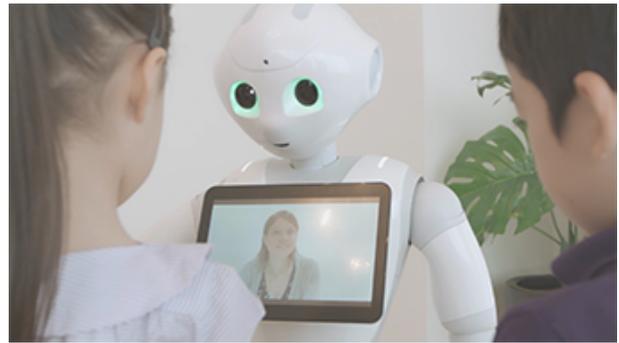


Fig. 3 An English teacher guides a lesson from a Pepper's chest display.

4. CRR と TPR を取り入れた、Pepper の教育志向アプリケーション

我々は、前章で説明した CRR と TPR を取り入れて実際に Pepper の上で子どもを対象とした教育志向のアプリケーションを作成した。本章では同アプリケーションの詳細について説明する。

まず、今回我々が基本コンセプトとしたのは子どもたちが Pepper と「共に学ぶ」ということである。同時に、ロボットならではの特徴を活かすため、Pepper が有するキャラクター性と物理的な身体性を活かしたコンテンツ作りを心がけた。ユースケースは主として家庭内での利用を想定し、おおよそ就学前付近の年齢帯の子どもたちが、楽しみながら同時に英語も学べるような内容を目指した。

さて、この設定下では Pepper も子どもも共に学ぶ立場の存在であるため、別に教師が必要である。家庭内での汎用的な利用を想定し、Pepper の胸部ディスプレイ内から英語教師がレッスン参加することにした。英語教師は録画映像とリアルタイムの遠隔参加の二通り（あるいはその融合）が有り得るが、差しあたり今回は事前に教室で撮影された録画映像を用いることにした（図 3）。そして、この際に一つ留意したことは Pepper の顔の向きである。図 3 に見て取れるように、若干ではあるが、Pepper 自身も画面中の教師を見るように下を向くよう制御されている。これは小さな工夫ではあるが、実際に現場に居るとこの効果は小さくは無く、画面中の教師を中心にして、Pepper を含む子どもたちが輪をなすような雰囲気形成されている。これは教室においてもいわゆる circle time を始めとした様々な局面において発生している人的位置関係であり、家庭などでの遠隔ユースケースにおける学びの場作りにも寄与している可能性がある。

なお、一般にロボットの顔の向きの制御は非常に難しい問題であり、今回我々のアプリケーションでも決



Fig. 4 Children can select a program by touching the display.

して完全とは言えない．例えば次節で説明する図4は子どもたちがアプリコンテンツを選択している場面であるが、この写真中で Pepper は中空を見つめているようにも見える．本来 Pepper にはカメラ入力画像を用いた顔認識や顔トラッキングの機能があり、これを用いることも可能である．ただし、例えば顔トラッキングの on/off 切り替えの制御（こういったタイミングで顔トラッキングを行ったり止めたりするか）は非常に敏感かつ難しい問題であり、未だに最適な方法論は知られていない．我々は、不完全な実装は逆効果である印象を持ったため、今回のアプリケーションでは原則として顔トラッキングは行わないことにした．

さて、上述のように図4はアプリコンテンツの選択画面を示している．今回我々は三種類のアプリコンテンツを開発した．次にこれらを説明する．

4.1 Color (いろのなまえ) 色の英語名を学ぶアプリコンテンツである．図5に同コンテンツの様子を載せる．ここで Pepper は「赤い色を教えて欲しい」ことを子どもたちに伝えた上で「部屋の中にある赤いものを見せてくれる？」と子どもたちに尋ねている．すると子どもたちは例えば赤いボールを取ってきて Pepper に見せる（図5上）．ここで Pepper が「ありがとう！赤って英語で何て言うんですか？」と胸部ディスプレイ内の教師に聞き、教師は「We say, “red.”」と返答、そして Pepper と子どもたちと一緒に「red」と復唱する．Pepper が学んだことを子どもたちに「Redってこれだよね？」と尋ねたりするやりとり（図5下）も流れの中に入っている．ここでの Pepper は3.1節で説明した CRR 型のロボットになる．

このコンテンツにおける工夫点の一つとしては、子どもたちを積極的に行動させるといことがある．画面の前に立ち止まらずずっと見続けているのは子どもたちも飽きてしまうため、部屋の中のボールを走って取りに行き、それを Pepper に見せるといった行動自

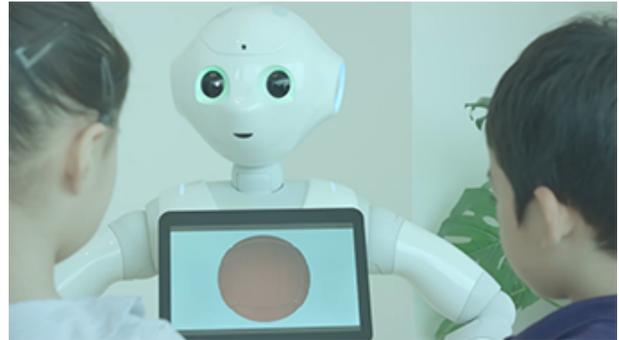


Fig. 5 “Color” game. Children teach Pepper a red color by showing red balls.

体が子どもたちの楽しさにつながるよう意識した設計がなされた．

4.2 Let's try (いっしょにやろう) 3.2節で説明した TPR を応用したアプリコンテンツである．図6に同コンテンツの様子を載せる．ここでは Pepper が飛行機の動画を見せながら「飛行機って英語で何て言うんですか？」と話すところから始まる（図6上）．続いてディスプレイ中の教師が両手を広げて飛ぶ仕草をみせながら「Plane, fly like a plane!」と発話する（図6中）．そして Pepper が「一緒にやろう」と声をかけ、画面中の教師の飛行機ジェスチャー・発話と合わせて両手を広げ、「Plane, fly like a plane!」と復唱する（図6下）．ここでもポイントは Pepper と子どもが一緒になって TPR に参加することであり、Pepper の身体表現能力を活かして子どもたちが TPR に引き込まれるようなコンテンツが設計された．

4.3 Body (からだのなまえ) CRR と直接教示の概念を取り入れた英単語学習のアプリコンテンツである．図7に同コンテンツの様子を載せる．ここでは、身体の部位の英語名を学ぶ授業がディスプレイ内の教師によって主導される．図7上に見て取れるように教師はディスプレイ内で Pepper の手を取って口に触れながら「Mouth」と画面中の Pepper を教示している．続いて現場の Pepper は「画面の先生と同じように僕に教えて」と子どもたちに話しかける．すると子どもたち

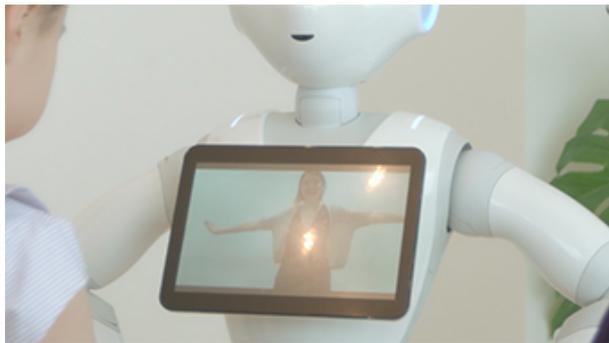
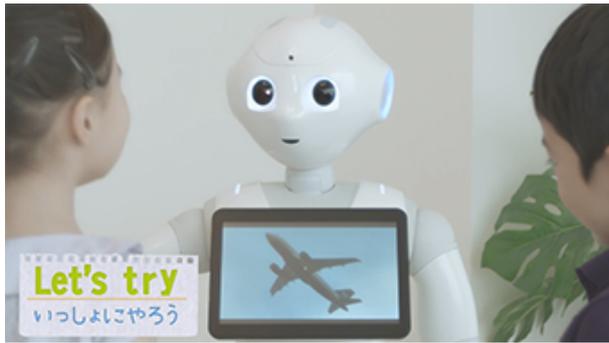


Fig. 6 “Let’s try” game. Children repeat a word ‘plane’ together with a corresponding gesture. This is an instance of a TPR lesson.

は Pepper の手を取って身体部位について Pepper に教示する．こうした教示法は直接教示（direct teaching）と呼ばれるが，CRR についての先行研究によってこうした直接教示が子どもの学習を促進することが報告されている⁽⁶⁾．

以上三種類のアプリコンテンツについて説明してきたが，今回のアプリケーションにおいてはこれら以外にも幾つかの工夫が取り入れられている．ヒューマン・ロボット・インタラクション分野における先行研究⁽¹⁴⁾にて報告されているように，子どもとロボットの長期的インタラクションにおいては物理的接触（例：タッチ行動）が重要な意味を持ち，子どもを飽きさせにくいインタラクションのために有効であることが知られている．そこで本アプリケーションにおいてもコンテンツの節々で「ハイタッチ」のやりとり等が含まれ

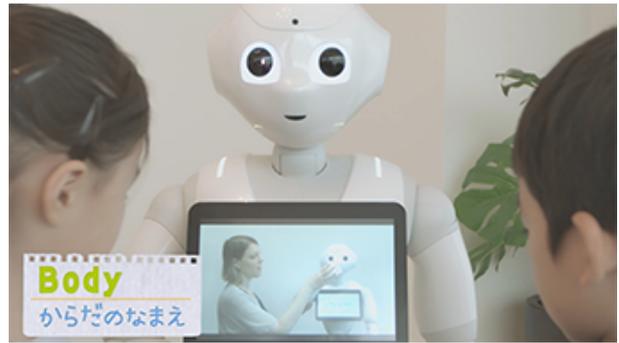


Fig. 7 “Body” game. Children take Pepper’s hand and teach where a ‘mouth’ is. This is an example of a direct-teaching that is known to be effective for vocabulary learning.



Fig. 8 Haptic interaction such as high five is a key to bond children with robots.

ている（図 8）．こうしたハイタッチは実際の教室でも教師たちによって頻繁に行われており，子どもとの bonding 過程において少なからず重要であるものと推察される．

5. デモ展示と考察

本アプリケーションの開発過程においては，おおよそ就学前後の年齢帯で約十名程度の子どもたちに版を体験してもらったテストを行っており，前章に説明した内容はそこでのフィードバックの結果と言える．さらに，2014 年 9 月 20 日に東京で開催された Pepper Tech

Festival 2014 においては1,000人以上の来場者(大人)に向けて本アプリケーションのデモ展示を行った。来場者から最も多くの質問を受けたのは安全性に関することであり、このアプリケーションに対する期待と共に、いざ家庭に導入された場合のリスクについて自然と意識が向いたようであった。安全性については、全ての実応用ロボットと同様に(あるいは対象年齢をふまえると特段に)極めて重要な課題である。Pepperにおいても各種のセンサを用いて近接範囲内に人間あるいは物体を検知した際には安全対策の制御が働く。しかしながらあらゆるケースを想定し、検証途上とみるべきである。

本論文にて報告したアプリケーションは3つの独立したショートコンテンツから成っていた。しかしながら実は開発の初期段階においては、より時間的に長いシナリオを想定しており、3つのコンテンツは一連のシナリオ中に連続して埋め込まれた構成になっていた。今回、最終的には前述のTech Festivalでのデモ用途を想定して、各1分半程度の短いコンテンツをユーザが選べる構成に変更した。しかし、家庭内での用途を想定した場合もこの構成がベストかどうかはまだ分からない。今回の構成の利点としては、各コンテンツをモジュール化できるのでフレキシブルな利用が可能なことである。ユーザが好みに応じて選べるという点も利点ではあるが、同時にコンテンツによってはかなり早くに飽きられてしまう可能性もある。その一方で、より長いシナリオベースにした場合は、幅広い教育内容に対応できるものの、利用場面の制約は前者よりも大きくなる。一般に、家庭用途の場合、その利用場面は各家庭に応じて違うことも考えられる。そのため、導入の初期段階は幾つかのベースパターンを用意しておき、利用状況に従ってその家庭にあったコンテンツ群になっていくという在り方が考えられる。

Pepperの特徴の一つは、クラウド上に集められていく各種ソフトウェア・コンテンツを用いて機能拡張していく基本思想⁽⁸⁾にある。機体が家庭に普及し、同時にユーザがデベロッパー・クリエイターになることができれば、単一のロボットや人工知能では成し得なかった、多様性と適応性の双方を有する一大IT基盤になり得る可能性がある。

6. お わ り に

本論文では、パーソナルロボットPepperを用いた教育志向アプリケーションの開発事例について報告した。子どもと「共に学ぶ」立ち位置を基本コンセプトとして、Pepperの個性と身体性を活かしたアプリコンテンツの設計を行った。教育コンテンツはその対象や

場面によって千差万別であり、また、同じ子どもにおいても時々刻々と変容していく部分も有する。今回の事例はその理想に向けてあくまで第一歩であり、これから質と量の双方において内容を充実させていきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 田中文英, 小嶋秀樹, 板倉昭二, 開一夫, “子どものためのロボティクス: 教育・療育支援における新しい方向性の提案,” 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.4 (2010), pp.87-94.
- (2) Pepper, <http://www.softbank.jp/robot/>
- (3) トライオン株式会社, <http://www.tryon.co.jp/>
- (4) M-SOLUTIONS 株式会社, <http://m-sol.co.jp/>
- (5) Fumihide Tanaka and Takeshi Kimura, “The use of robots in early education: a scenario based on ethical consideration,” *Proceedings of the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, (2009), pp.558-560.
- (6) Fumihide Tanaka and Shizuko Matsuzoe, “Children teach a care-receiving robot to promote their learning: field experiments in a classroom for vocabulary learning,” *Journal of Human-Robot Interaction*, Vol.1, No.1 (2012), pp.78-95.
- (7) James Asher, “The total physical response approach to second language learning,” *The Modern Language Journal*, Vol.53, No.1 (1969), pp.3-17.
- (8) Pepper デベロッパーサイト, <http://www.softbank.jp/robot/special/tech/>
- (9) Pepper 基本仕様, <http://www.softbank.jp/robot/products/spec/>
- (10) Takayuki Kanda, Takayuki Hirano, Daniel Eaton, and Hiroshi Ishiguro, “Interactive robots as socialpartners and peer tutors for children: a field trial,” *Human-Computer Interaction*, Vol.19, No.1-2 (2004), pp.61-84.
- (11) Zhen-Jia You, Chi-Yuh Shen, Chih-Wei Chang, Baw-Jhiune Liu, and Gwo-Dong Chen, “A robot as a teaching assistant in an English class,” *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, (2006), pp.87-91.
- (12) Jeonghye Han, Miheon Jo, Vicki Jones, and Jun H. Jo, “Comparative study on the educational use of home robots for children,” *Journal of Information Processing Systems*, Vol.4, No.4 (2008), pp.159-168.
- (13) Javier R. Movellan, Micah Eckhardt, Marjo Virnes, and Angelica Rodriguez, “Sociable robot improves toddler vocabulary skills,” *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*, (2009), pp.307-308.
- (14) Fumihide Tanaka, Aaron Cicourel, and Javier R. Movellan, “Socialization between toddlers and robots at an early childhood education center,” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A. (PNAS)*, Vol.104, No.46 (2007), pp.17954-17958.